

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

50

LE DANGER
DES
COURANTS ÉLECTRIQUES
INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES
DE FAIBLE TENSION

THÈSE

PRÉSENTÉE PAR

Paul CHAPUIS

Né à Dôle (Jura), le 3 octobre 1890.



DIJON

IMPRIMERIE JOBARD

9, Place Darcy. 9

1919

50

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

LE DANGER
DES
COURANTS ÉLECTRIQUES
INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES
DE FAIBLE TENSION

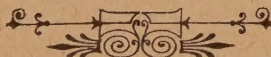


THÈSE

PRÉSENTÉE PAR

Paul CHAPUIS

Né à Dôle (Jura), le 3 octobre 1890.



DIJON

IMPRIMERIE JOBARD

9, Place Darcy, 9

1919

A MA MÈRE ET A MON PÈRE

modeste témoignage d'affection

A MA SŒUR ET A MES FRÈRES

A LA MÉMOIRE DE MES CAMARADES

TOMBÉS AU CHAMP D'HONNEUR

A MES MAÎTRES

DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE DE DIJON

ET DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR BALTHAZARD

MEMBRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

PROFESSEUR DE MÉDECINE LÉGALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

MEIS ET AMICIS

Hommage.

LE DOYEN : M. ROGER.

PROFESSEURS : MM.

Anatomie	NICOLAS.
Anatomie médico-chirurgicale	CUNÉO.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	WEISS.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	BESANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	N...
Pathologie médicale	VAQUEZ.
Pathologie chirurgicale	GOSSET.
Anatomie pathologique	LETULLE.
Histologie	PRENANT.
Opérations et appareils	DUVAL.
Pharmacologie et matière médicale	POUCHET.
Thérapeutique	CARNOT.
Hygiène	BERNARD.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
Clinique médicale	ACHARD.
	WIDAL.
	GILBERT.
	CHAUFFARD.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	HUTINEL.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	DUPRÉ.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux	P. MARIE.
Clinique des maladies contagieuses	TEISSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale	QUÉNU.
	LEJARS.
	HARTMANN.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique des maladies des voies urinaires	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	BAR.
	COUVELAIRE.
Clinique gynécologique	RIBEMONT-DESSAIGNES.
Clinique chirurgicale infantile	J.-L. FAURE.
Clinique thérapeutique	BROCA.
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	A. ROBIN.
	SÉBILEAU.

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

MM.	MM.	MM.	MM.
ALGRAVE.	JEANNIN.	LOEPER.	ROUVIÈRE.
BRANCA.	JOUSSET (André).	MOCQUOT.	SCHWARTZ.
CAMUS.	LABBÉ (Henri).	MULON.	SICARD.
CASTAIGNE.	LAIGNEL-LAVASTINE.	NOBECOURT.	TANON.
CHAMPY.	LANGLOIS.	OKINCZYC.	TERRIEN.
CHEVASSU.	LECÈNE.	OMBREDANNE.	TIFFENEAU.
DESMAREST.	LEMIERRE.	RATHERY.	VILLARET.
GOUGEROT.	LENORMANT.	RETTERER.	ZIMMERN.
GRÉGOIRE.	LEQUEUX.	RIBIERRE.	
GUENIOT.	LEREBoullet.	RICHAUD.	
GUILLAIN.	LÉRI.	ROUSSY.	

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, devront être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

LE DANGER

DES

COURANTS ÉLECTRIQUES

INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES

DE FAIBLE TENSION

CHAPITRE PREMIER

L'utilisation de plus en plus développée de la force électrique, l'accroissement constant du nombre des installations demandant au courant électrique les diverses formes de son énergie : travail, chaleur, lumière, etc., ont pour effet d'augmenter la fréquence des accidents causés par le courant.

STATISTIQUE DES ACCIDENTS DUS A L'ÉLECTRICITÉ. —
Les statistiques de l'Inspection du travail en témoignent :

	1905	1907	1908	1909
Accidents mortels	30	28	26	33
Incapacité permanente.	13	15	4	14
Incapacité temporaire.	450	518	714	714
Inconnus	22	10	29	17
TOTAUX	515	571	773	778

Et ces chiffres sont certainement inférieurs à la réalité, puisqu'ils ne rendent compte que d'accidents du travail, ayant tous donné lieu à des enquêtes et expertises, à des jugements rendus par les différentes

juridictions ayant à connaître des accidents du travail.

La plus grande partie, pour ne pas dire la totalité, des accidents relevés par les services de la statistique, est causée par les courants industriels de tension élevée : courants de 3,000 à 5,000 volts des chemins de fer électriques par exemple, courants de 10,000 à 15,000 volts des lignes de transports de force, employés avant la guerre, courants de 15,000 à 50,000 volts couramment transportés pendant la guerre, et qui pourront s'élever à 100,000 volts, selon le projet actuel de la ligne du Rhône à Paris. La possibilité d'accidents par contact avec des lignes transportant de tels courants, est connue de tous, et les précautions les plus minutieuses sont mises en œuvre pour les éviter : isolement aussi parfait que possible des conducteurs, vêtements spéciaux des ouvriers chargés de l'entretien ou de la réparation, écriteaux avertisseurs pour le public, etc.

Il est loin d'en être de même en ce qui concerne les courants de faible tension.

Les accidents dus à ces derniers sont déjà nombreux, ils ont été longtemps méconnus et restent à l'heure actuelle encore souvent ignorés non seulement du public qui utilise journellement ces courants, mais aussi des électriciens qui, familiarisés avec des courants élevés, admettent difficilement que des courants infiniment plus petits puissent être dangereux ; et souvent encore des médecins qui peuvent être chargés soit d'expliquer les causes d'accidents survenus au cours du travail, soit de rechercher les causes d'une mort subite ou rapide,

et qui, faute d'admettre cette possibilité ou faute de la connaître, risquent par les conclusions d'un rapport imparfait de frustrer d'une indemnisation légitime les victimes de tels accidents ou leurs ayants droit.

Il nous a semblé qu'il y avait intérêt à montrer que si les courants électriques domestiques et industriels de faible tension sont inoffensifs la plupart du temps, ils peuvent dans certaines conditions devenir aussi dangereux, si ce n'est plus, que les courants à haute tension.

Quelles sont les conditions qui les rendent dangereux ; comment agissent-ils sur l'organisme ? Nous le verrons en rappelant les expériences de laboratoire déjà faites. Par quelques observations, nous nous proposons de montrer qu'il est logique d'étendre à l'homme le résultat de ces expériences, qu'il est impossible de nier les dangers d'un courant électrique de faible tension, et qu'il est important de les bien connaître.

CHAPITRE II

Effets physiologiques des courants électriques.

Jusqu'à ces dernières années, les expérimentateurs n'étaient pas d'accord. En 1887, d'Arsonval, après une série de recherches, déduit qu'alternatifs ou continus, *les courants électriques provoquent la mort en inhibant le système nerveux central.*

Tatum, en 1890, accuse *les courants électriques de tuer en paralysant le cœur*, ainsi qu'en témoignaient ses expériences sur des animaux chez lesquels les fonctions du pneumogastrique ayant été préalablement annihilées soit par section, soit par action de l'atropine, le passage du courant continuait à arrêter le cœur.

EXPÉRIENCES DE PRÉVOST ET BATELLI. — Plus tard, Prévost et Batelli montrèrent que ces deux théories étaient également justifiées si l'on tenait compte d'un nouveau facteur, la tension du courant. Par leurs recherches sur des chiens, ils trouvent que, à condition que le courant traverse le chien de bout en bout, ce qu'ils réalisaient en plaçant une électrode dans le rectum et l'autre dans la bouche :

1^o Pour les courants alternatifs de fréquence ordinaire, de tension inférieure à 120 volts, la mort est due à l'arrêt du

cœur par trémulations fibrillaires, l'arrêt de la respiration suivant l'arrêt du cœur ;

2^o Pour les courants de haute tension, de 1,200 à 5,000 volts, l'arrêt de la respiration par inhibition des centres nerveux, précède l'arrêt du cœur ;

3^o Pour les courants de tension intermédiaire, de 120 à 1,200 volts, les deux mécanismes sont simultanés, cœur et respiration s'arrêtent ensemble.

De ces expériences, il ressort nettement que la mort par courants électriques se produit selon deux mécanismes différents suivant la tension mise en jeu ; mais non moins nettement, il est certain qu'un courant de tension invariable ne produit pas les mêmes effets sur des sujets différents, ni même sur le même individu. Pourquoi un courant de 200 volts se montre-t-il parfois mortel, alors qu'un courant de tension bien supérieure restera inoffensif ou ne produira que des lésions locales ? Il est évident qu'il faut faire intervenir un autre facteur que la tension du courant extérieur, les susceptibilités individuelles ne pouvant nous expliquer ces différences d'action.

EXPÉRIENCES DE LA COMMISSION MINISTÉRIELLE (1909-1910). — *A priori*, il était très vraisemblable que cette action dépendait plus de l'intensité du courant qui traverse l'organisme que de la tension du courant extérieur. Les lois de Ohm nous apprennent en effet que l'intensité d'un courant est proportionnelle à la différence de potentiel existant entre les deux extrémités du conducteur, et inversement proportionnelle à la résistance de ce conducteur, ce qui se traduit par la formule $I = \frac{V}{R}$ dans laquelle I désigne

en ampères l'intensité du courant, V sa tension en volts, R la résistance en ohms. V ne doit donc être qu'une donnée du problème dont I sera la solution.

Il était donc important de connaître les effets produits sur l'organisme par les courants de différentes intensités, et de classer la nocuité des courants non plus d'après leur tension, mais d'après leur intensité.

C'est ce que fit la Commission nommée par M. le Ministre des travaux publics à la fin de 1908, chargée « de revoir et modifier au besoin les prescriptions concernant les soins à donner aux personnes victimes d'accidents dus à des contacts avec des conducteurs d'énergie électrique ». Cette Commission, présidée par M. le docteur Weiss, de l'Académie de médecine, et dont les travaux furent rapportés en 1912 par M. Zacon, inspecteur du travail, poursuivit au Laboratoire central d'électricité une série de recherches expérimentales sur le chien.

Dans chaque expérience, les effets des courants furent exprimés non plus en fonction de la tension, mais en fonction de l'intensité, cette dernière variant à mesure que l'on faisait varier et la tension du courant mis en jeu, et la résistance du chien mis en expérience.

Nous rapporterons quelques-unes des observations de cette Commission, dont les travaux poursuivis selon les règles rigoureuses de la méthode scientifique, imposèrent des conclusions mettant au point d'une façon précise la question qui nous intéresse.

I. — EFFETS DES COURANTS ALTERNATIFS

A) *Le cœur est sur le passage du courant.*

1^o Si le cœur est sur le courant, ce qui sera réalisé en attachant une électrode à une patte antérieure, l'autre à une patte postérieure, *une intensité de 70 à 80 milliampères amène la mort par arrêt du cœur en trémulations fibrillaires.*

Le courant employé pour toutes les expériences faites avec le courant alternatif fut fourni par le Secteur de la rive gauche.

Première expérience (chien 2).

Première application du courant : $V = 58$, $R = 1,656$, $I = 0,035$,
 $T = 32$ secondes.

Phénomènes observés : à la fermeture du courant : augmentation brusque de la pression sanguine atteignant son maximum 10 secondes après la fermeture, et suivie de décroissance. Les battements du cœur sont peu modifiés. La respiration est saccadée et profonde.

A la rupture du courant : chute de la pression sanguine au-dessous de ce qu'elle était au moment de l'expérience, atteignant son maximum 12 secondes après la rupture, et revenant peu à peu à la normale.

Deuxième application : $V = 58$, $R = 1,526$, $I = 0,038$, $T = 60$ sec.

Mêmes phénomènes du côté du cœur ; la respiration, d'abord saccadée, s'arrête pour ne reprendre qu'à la rupture du courant.

Troisième application : $V = 103$, $R = 1,515$, $I = 0,068$ environ,
 $T = 3$ secondes.

Arrêt immédiat du cœur et augmentation brusque de la pression sanguine. La respiration, d'abord saccadée, s'arrête. A l'autopsie de l'animal, on constate des trémulations fibrillaires du cœur.

Cette première expérience nous montre déjà qu'avec une intensité de 68 milliampères, la mort peut survenir chez le chien, et qu'elle est due à l'arrêt du cœur par trémulations fibrillaires. En outre, elle nous montre les modifications de la pression sanguine déterminées déjà par une intensité de 35 milliampères, en même temps que l'arrêt de la respiration avec une intensité inférieure à 40 milliampères.

N. B. — Les abréviations employées sont : V = tension en volts ; R = résistance de l'animal en ohms ; I = intensité du courant traversant l'organisme, en ampères ; T = mesure en secondes de la durée de passage du courant.

Deuxième expérience (chien 9).

Première application : V = 4,500, R = 99,000, I = 0,045, T = 0,01 sec.

Pas de modifications notables du côté du cœur. Les mouvements respiratoires sont accélérés et plus amples pendant une quarantaine de secondes, l'animal paraît rétabli au bout d'une minute.

Deuxième application : mêmes conditions que précédemment, sauf T = 50 secondes.

A la fermeture du circuit : augmentation de la pression sanguine, suivie rapidement de diminution ; les battements du cœur deviennent très faibles, tandis que la pression remonte. Les mouvements respiratoires sont arrêtés pendant 30 secondes ; reprennent très faibles et avec un rythme très rapide jusqu'à l'ouverture du circuit. L'animal se rétablit progressivement.

Cinq autres applications du même courant dans les mêmes conditions reproduisent les mêmes phénomènes.

Huitième application : V = 4,500, R = 49,000, I = 0,092.
T = 2 min. 5 secondes.

Arrêt des mouvements du cœur et de la respiration.

A l'autopsie, on constate les trémulations fibrillaires du cœur.

Rapprochée de la première expérience, cette deuxième observation nous montre encore la mort par arrêt du cœur en trémulations fibrillaires, obtenue avec une intensité de 92 milliampères. Des modifications de la pression sanguine et de la respiration se produisent déjà avec une intensité de 45 milliampères.

Troisième expérience (chien 35).

Première application : $V = 146$, $R = 2,129$, $I = 0,068$, $T = 10$ sec.

L'animal se rétablit de suite.

Trois autres applications, avec des intensités respectives de 69, de 72 milliampères produisent les phénomènes habituels, mais l'animal se rétablit presque aussitôt la rupture du courant.

Cinquième application : $V = 150$, $R = 1,559$, $I = 0,096$, $T = 10$ sec.

Mort. Trémulations fibrillaires du cœur.

Les autres expériences de la même série furent aussi concluantes : que le voltage diffère, que la fréquence du courant alternatif employé varie, lorsque l'intensité s'élève à 70 ou 80 milliampères, il y a mort par arrêt du cœur en trémulations fibrillaires.

2° Dans un autre groupe d'expériences, nous allons voir *que plus l'intensité s'élève, plus la mort survient rapidement*, mais jamais avant deux secondes.

Quatrième expérience (chien 26).

$V = 76$, $R = 738$, $I = 0,103$, $T = 20$ secondes.

L'animal meurt; les soins donnés : tractions rythmées de la langue, respiration artificielle, sont inefficaces.

Cinquième expérience (chien 25).

$V = 100$, $R = 710$, $I = 0,141$, $T = 10$ secondes.

A la fermeture du courant : chute brusque de la pression sanguine et arrêt du cœur. Les mouvements respiratoires sont suspendus pendant la durée du passage du courant ; ils reprennent ensuite très violents pendant une quarantaine de secondes, puis s'arrêtent.

Sixième expérience (chien 5).

$V = 1,080$ à $1,140$, $R = 540$ à 760 , $I = 1,5$ à 2 , $T = 18$ secondes.

Augmentation brusque de la pression sous l'influence des contractions musculaires, arrêt du cœur dès la fermeture du courant. Arrêt immédiat de la respiration. A l'autopsie : contraction des oreillettes, mouvements fibrillaires des ventricules arrêtés en diastole. Pas de brûlures aux électrodes.

Septième expérience (chien 6).

$V = 2,250$ à $1,730$, $R = 376$, $I = 4,6$, $T = 3$ secondes.

Arrêt immédiat du cœur à la fermeture du courant. Les mouvements respiratoires s'arrêtent 13 secondes encore après l'ouverture, reprennent ensuite très rapides pendant 58 secondes et s'arrêtent définitivement.

3° Si l'intensité s'élève au-dessus de 4 à 5 ampères, le passage du courant détermine des brûlures graves sans phénomènes généraux bien marqués. La mort qui n'aura pu être obtenue avec 7 ampères, sera immédiate avec 45 milliampères.

Huitième expérience (chien 7).

Première application : $V = 4,600$ à $3,800$, $R = x$, $I = x$, $T = 0,2$ sec.

Cœur : les mouvements se sont arrêtés pendant 11 secondes environ, puis il y a eu augmentation progressive de la pression sanguine avec battements très faibles pendant 10 ou 15 secondes ; la pression a ensuite diminué peu à peu et en 30 secondes est tombée à une valeur inférieure à celle relevée

avant la fermeture du circuit. Le cœur s'est remis ensuite progressivement.

Respiration : après une inspiration profonde au moment de la fermeture du circuit, il y a eu arrêt de la respiration pendant 4 secondes, puis les mouvements ont repris très rapides pendant une trentaine de secondes et se sont régularisés peu à peu en 3 minutes.

De la fumée ayant une odeur de chair brûlée se dégage des électrodes.

Deux autres applications donnent les mêmes phénomènes ; l'intensité mesurée égale 7 ampères.

Quatrième application.

Le cœur s'accélère, puis se rétablit ; la respiration s'arrête 20 secondes, puis se rétablit. On constate une brûlure importante sous l'électrode de la patte postérieure gauche ; la chair a complètement disparu et les os sont à nu ; on place l'électrode à la patte postérieure droite.

A la septième application : $V = 110$, $R = 245$, $I = 0,45$ environ,
 $T = 19$ secondes.

Arrêt du cœur et de la respiration dès la fermeture du circuit. A l'autopsie : trémulations fibrillaires.

4° Enfin nous allons voir *qu'au-dessous de 70 milliampères, l'intensité est encore dangereuse*, mais alors la mort ne survient plus selon le même mécanisme :

Neuvième expérience (chien 16).

$V = 4,380$, $R = 12,800$, $I = 0,034$, $T = 10$ minutes.

L'animal meurt par asphyxie. Tractions rythmées et respiration artificielle restent sans résultat.

Dixième expérience (chien 15).

Première application : $V = 4,450$, $R = 74,500$, $I = 0,059$, $T = 60$ sec.

Cœur : augmentation de pression sanguine après la fermeture, avec maximum après 10 secondes ; le cœur continue à

battre, mais irrégulièrement ; diminution de la pression à l'ouverture du circuit et rétablissement progressif.

Respiration : tétanos respiratoire presque complet pendant le passage du courant, les mouvements se rétablissent ensuite progressivement.

Deux autres applications donnent les mêmes résultats dans les mêmes conditions.

A la quatrième application : mêmes conditions, sauf $T = 90$ sec.
Mort.

Onzième expérience (chien 12).

$V = 4,500$, $R = 99,000$, $I = 0,045$, $T = 10$ minutes.

L'animal meurt à la neuvième minute, pendant le passage du courant.

De toutes ces expériences précédentes, il résulte que lorsque le cœur est sur le passage d'un courant alternatif :

a) Avec une intensité de 70 à 80 milliampères, la mort se produit ordinairement. Elle est due à l'arrêt du cœur par trémulations fibrillaires, la respiration suit.

b) Plus l'intensité s'élève, plus la mort est rapide, mais elle ne survient jamais avant deux secondes de passage du courant.

c) Avec une intensité de 5 à 6 ampères, il se produit des brûlures graves, mais il y a survie.

d) Si l'intensité s'abaisse au-dessous de 70 milliampères, la mort se produit par tétanisation de tous les muscles, l'asphyxie est fatale en 5 à 10 minutes.

NOUS REMARQUERONS EN OUTRE QUE DES INTENSITÉS DE 45 MILLIAMPÈRES ONT ÉTÉ OBTENUES AVEC DES COURANTS DE 4,500 VOLTS, ALORS QUE DES INTENSITÉS DE 103 ET 141 MILLIAMPÈRES FURENT FOURNIES PAR DES COURANTS DE 76 ET 100 VOLTS.

B) *Le cœur n'est pas sur le passage du courant.*

5° Voyons maintenant ce qui se passera lorsque le cœur ne sera plus sur le passage du courant, ce qui sera réalisé en plaçant les électrodes non plus aux pattes du chien, mais au sommet du crâne et au menton.

Douzième expérience.

Première application : $V = 1,080$, $R = 10,000$, $I = 0,098$, $T = 45$ sec.

Mouvements convulsifs. L'animal se rétablit.

Deuxième application : mêmes conditions, sauf $T = 2$ minutes.

Secousses cloniques. L'animal se rétablit.

Troisième application : les électrodes, au lieu d'être placées comme précédemment, sont fixées l'une à la même place, au sommet du crâne, l'autre à l'artère fémorale droite. Les autres conditions n'ont pas changé, sauf $T = 15$ secondes.

Secousses cloniques; arrêt du cœur et de la respiration. Mort. A l'autopsie, trémulations fibrillaires du cœur.

Treizième expérience (chien 23).

Première application : $V = 1,100$, $R = 2,875$, $I = 0,400$ environ,
 $T = 32$ secondes.

Cœur : chute de pression à la fermeture, suivie d'accroissement jusqu'à l'ouverture, puis diminution. Mouvements désordonnés du cœur qui, de 112 avant l'expérience, tombent à 36 après l'application du courant.

Deuxième application : les électrodes sont placées alors aux pattes antérieure et postérieure droites : $V = 1,100$, $R = 5,850$, $I = 0,190$ environ, $T = 15$ secondes.

Arrêt du cœur et de la respiration dès la fermeture du circuit; quelques souffles agoniques.

Quatorzième expérience (chien 19).

$V = 1,090$, $R = 10,000$, $I = 0,099$, $T = 2$ minutes.

Après le passage du courant, l'animal a été posé à terre, s'est mis à courir au bout de 9 minutes environ et s'est très bien rétabli.

Cette série d'expériences nous montre que *lorsque le cœur n'est pas sur le passage du courant, la respiration s'arrête pour reprendre lorsque l'action du courant cesse*, même si l'intensité a été très élevée. Avec des intensités plus fortes encore, on a noté des brûlures graves aux points de contact et même alors une inhibition des centres nerveux telle qu'il y a arrêt de la respiration, le cœur suivant.

II. — EFFETS DES COURANTS CONTINUS

6° Voyons maintenant ce qui se passera avec le courant continu :

Quinzième expérience (chien 43).

Electrodes aux pattes antérieure et postérieure droites,
le courant est fourni par des accumulateurs.

Première application : $V = 146$, $R = 705$, $I = 0,207$, $T = 10$ secondes.

Cœur : augmentation de la pression sanguine à la fermeture du circuit ; variation de la pression ; chute brusque après l'ouverture et rétablissement en 30 secondes. Les mouvements du cœur, imperceptibles pendant 40 secondes, se rétablissent peu à peu.

Respiration : les mouvements respiratoires sont presque complètement suspendus pendant toute la durée de passage du courant ; ils se rétablissent ensuite progressivement.

Deuxième application : avec $I = 0,258$.

Donne les mêmes résultats.

Troisième application : $V=194$, $R=572$, $I=0,339$, $T=10$ secondes.

Mort. Cœur : arrêt des mouvements après trois battements violents.

Respiration : arrêtée pendant le passage du courant, reprend irrégulière pour s'arrêter ensuite.

Seizième expérience (chien 44).

$V=193$, $R=390$, $I=0,495$ environ, $T=10$ secondes.

L'animal a aboyé quelques secondes après l'ouverture du circuit. Mort. Trémulations fibrillaires du cœur.

Dix-septième expérience (chien 39).

$V=372$, $R=282$, $I=1$ amp. 32 environ, $T=10$ secondes.

Cœur : arrêt immédiat.

Respiration : arrêt pendant le passage du courant ; mouvements pendant 20 secondes environ après l'ouverture du circuit.

Mort : trémulations fibrillaires du cœur.

On peut donc conclure que *les courants continus produisent les mêmes effets sur l'organisme que les courants alternatifs, à condition que l'intensité soit quatre fois plus forte environ : 280 à 320 milliam-pères*. En outre, ces courants produiraient des actions électrolytiques pouvant amener de l'atrophie musculaire progressive, ainsi que M. le docteur Weiss l'a montré en expérimentant sur la grenouille, et ainsi qu'il a pu l'observer sur des individus traversés par des courants continus.

Avec de telles données, il est dès lors facile de comprendre pourquoi les courants de faible tension peuvent être dangereux pour l'homme, leur action étant déterminée non pas par leur voltage, mais par leur intensité.

L'intensité d'un courant, nous l'avons vu, est inversement proportionnelle à la résistance d'un conducteur, et proportionnelle au voltage : un courant de 120 volts, par exemple, passant dans un conducteur dont la résistance est de 30,000 ohms, aura une intensité de $\frac{120}{30,000}$ soit 4 milliampères ; que pour ce même voltage la résistance du conducteur s'abaisse à 1,200 ohms, l'intensité passera de 4 milliampères à $\frac{120}{1,200}$ soit 100 milliampères. Si, au contraire, la résistance restant invariable, la tension augmente, nous verrons l'intensité passer de $\frac{120}{1,200}$ soit 100 milliampères à $\frac{380}{1,200}$ soit 316 milliampères.

De telles intensités peuvent-elles être fournies par des courants de faible tension ? Tout dépendra de la résistance du corps humain. Ces différentes intensités qui se sont montrées dangereuses et mortelles pour les chiens en expérience, le seront-elles aussi pour l'homme ? Les quelques observations que nous nous proposons de rapporter ne laissent aucun doute à ce sujet.

Nous allons donc étudier maintenant la résistance du corps humain et les différents voltages des courants domestiques ou industriels à basse tension, et déterminer facilement les intensités que de telles tensions et de telles résistances peuvent fournir.

CHAPITRE III

a) LA RÉSISTANCE DU CORPS HUMAIN

Ses variations et leurs causes.

La résistance opposée par l'organisme au courant électrique dépend essentiellement de l'enveloppe externe du corps, de la peau. C'est dire qu'elle sera des plus variables, suivant l'état de la peau aux différents points de contact.

1° *Résistance moyenne.* — A l'état normal, la peau étant sèche, on évalue à 40,000 ohms environ la valeur de sa résistance moyenne, ce qui explique pourquoi les courants à basse tension sont le plus souvent inoffensifs.

2° *Influence exercée par la constitution histologique des tissus.* — Mais, d'une partie d'un individu à une autre, cette résistance varie parce que varie la constitution histologique des tissus de protection. Si ces derniers sont souples ou richement innervés et vascularisés, la résistance s'abaissera : la peau de la région cervicale, celle de la face interne des cuisses, par exemple, sera moins résistante que la peau de la face palmaire des mains, très souvent calleuse chez les ouvriers, ou que la peau de l'abdomen riche en follicules pileux. Jellineck évalue à deux millions

d'ohms la résistance opposée par une main d'ouvrier calleuse et sèche ; d'une main à l'autre chez le même individu, M. Mori trouve des résistances variant de 12,750 à 600 ohms.

Les muqueuses n'opposent presque pas de résistance au courant.

Les ongles, au contraire, en offrent une très élevée.

Que le contact porte en un point où le revêtement cutané est lésé, la résistance variera encore ; M. Joly, chez une femme, après application d'un vésicatoire, trouva 680 ohms ; que, par contre, la lésion soit une escarre produite par la brûlure même due au contact avec un conducteur électrique, la résistance augmentera dans des proportions telles que le courant ne pourra plus passer.

Les muscles, plus humides que la peau, offrent moins de résistance. Le tissu cellulo-grasieux est très résistant, à condition qu'il ne soit pas liquéfié, auquel cas il devient excellent conducteur.

3° *Influence du milieu extérieur.* — Le milieu extérieur a une influence importante aussi sur la résistance du corps humain ; l'humidité de l'atmosphère facilitera l'abaissement de la résistance à l'entrée du courant, en rendant les mains humides, et l'abaissement de la résistance à la sortie, le cuir des chaussures détrempé par l'eau du sol permettant un facile passage du courant à la terre lorsque le contact aura été unipolaire, ce qui est le cas le plus fréquent.

En plongeant les deux mains dans des vases rem-

plis d'eau auxquels on amène le courant, on a, d'après M. Weiss, des mesures de résistance variant entre 1,200 et 1,500 ohms. Nombre d'électrocutions se sont produites dans des baignoires, et l'observation du docteur Fleury que nous rapportons plus loin en est un exemple.

Si le milieu extérieur est chaud, la sueur recouvrira tout ou partie du corps, jouant, selon les uns, un rôle de défense, selon les autres, un rôle inverse vis-à-vis du courant. D'après Cardieux, elle aurait fait passer de 32,789 ohms à 2,438 ohms la résistance d'un de ses sujets; Jellineck, au contraire, la considère comme moyen de protection de l'organisme : la sueur conduirait le courant à la surface du corps sans le laisser pénétrer.

4° *Influence du type du courant.* — Enfin, il est des conditions de variations de résistance qui tiennent au courant lui-même : le type du courant, alternatif ou continu, importe peu; des expériences de la commission Weiss l'établissent; ce n'est pas l'avis de M. Monmerqui, qui trouve que la résistance du corps s'abaisse davantage avec l'alternatif qu'avec le continu.

5° *Influence de la durée de passage du courant.* — Le temps de passage du courant influe sur la résistance : Gaertner et Jolly, en opérant avec des courants faibles, ont montré que la résistance de conduction de la peau humaine s'abaisse lorsque la durée d'action du courant se prolonge; elle se serait abaissée de 260,000 à 980 ohms pendant une minute de passage du courant, au cours d'une de leurs expériences.

6° *Susceptibilités individuelles.* — Jellineck a signalé la résistance professionnelle spéciale des ouvriers électriciens, mais elle ne semble pas être particulière à ces techniciens, et plutôt propre à tous les ouvriers dont les mains sont calleuses. Enfin, il est certainement des susceptibilités individuelles commandées en général par certains états pathologiques et ayant pour effet d'abaisser la résistance, de sensibiliser l'organisme, comme cela se trouve chez les alcooliques, les basedowiens, etc.

Pour nous résumer, nous dirons que rien n'est plus variable et plus difficile à déterminer que la résistance humaine au courant.

Voyons maintenant quels sont les courants que nous avons appelés courants domestiques et industriels de faible tension.

b) COURANTS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS ET DOMESTIQUES DE FAIBLE TENSION

Ce sont les courants que l'homme utilise à tout moment dans sa demeure ou dans la rue. Dans la demeure, ce sont les courants d'éclairage, alimentant des lampes à filament avec une tension de 110 volts en général, des lampes à arc : 110 à 200 volts ; sur ces lignes, des prises de courant permettent de faire fonctionner des ventilateurs, des appareils de chauffage, des machines-outils chez les travailleurs en chambre. Ces courants sont des courants alternatifs de 42 périodes de fréquence environ par seconde, tel par exemple le courant fourni par le Secteur de la rive gauche de Paris.

N. B. — D'après les expériences de la commission Weiss, il résulte que la fréquence d'un courant alternatif n'influe pas sur l'action physiologique de ce courant.

Dans la rue, outre les courants d'éclairage, ce sont les courants utilisés pour la traction, courants continus de 550 volts des tramways électriques ; pour le fonctionnement de machines sur chantiers, grues électriques, par exemple, les courants peuvent être de très faible tension : 46 volts.

Les occasions de se mettre en contact avec tous ces courants ne manquent donc pas, elles sont même facilitées par l'isolement rudimentaire des lignes qui les transportent, « isolement léger » lorsque le voltage ne dépasse pas 150 volts.

Intensités que ces courants peuvent fournir. — Des intensités dangereuses pour l'homme peuvent-elles être fournies par ces courants ? Théoriquement, oui, toutes les fois que la résistance de l'homme en contact sera diminuée : que cette dernière soit par exemple de 40,000 ohms, l'intensité produite par un courant alternatif de 110 volts sera de $\frac{110}{40,000}$ soit un peu plus de 2 milliampères ; absolument inoffensive et à peine perceptible ; que la résistance s'abaisse à 1,200 ohms, le même courant nous donnera une intensité de $\frac{110}{1,200}$ soit plus de 90 milliampères, intensité qui s'est presque toujours montrée mortelle pour le chien. Les courants continus, eux, doivent avoir une intensité quatre fois plus forte que les alternatifs pour produire les mêmes effets : un courant continu de 600 volts appliqué à un individu dont la résis-

tance sera de 40,000 ohms nous donnera une intensité de $\frac{600}{40,000}$ soit 15 milliampères, tout à fait inoffensive; que la résistance s'abaisse à 1,200 ohms, le même courant fournira une intensité de $\frac{600}{1,200}$ soit 500 milliampères, intensité dangereuse.

Pratiquement, de telles diminutions de résistance sont rares, et c'est pour cela que les courants à basse tension ont longtemps passé pour inoffensifs; nous allons voir qu'on aurait tort de continuer à les considérer comme tels, et on peut se demander si leur réputation d'innocuité ne vient pas surtout de la connaissance imparfaite des accidents mortels causés par ces courants, accidents parfois inaperçus, souvent inexpliqués ou attribués à des causes secondes.

CHAPITRE IV

Accidents causés par les courants de faible tension.

Les observations rapportées ci-dessous permettent de conduire à *l'analogie entre les expériences de laboratoire pratiquées sur les animaux et les faits observés dans les accidents dus aux courants de faible tension.*

OBSERVATION I

rapportée par BROUARDEL dans son livre : *Les blessures et accidents du travail.*

A l'occasion d'une fête donnée aux Tuileries, on avait sommairement installé l'éclairage électrique ; les fils à haute tension (?) passaient dans le saut de loup qui séparait autrefois les jardins réservés du jardin des Tuileries proprement dit. Deux jeunes gens, en essayant de franchir le mur, s'embarrassèrent dans le réseau des fils et tombèrent dans le fossé. Un garde de Paris, qui les avait aperçus, se rendit à l'endroit où ils étaient tombés et les vit étendus dans le fossé, ne donnant plus signe de vie. Ils avaient été foudroyés par le courant électrique provenant de machines alternatives Siemens qui alimentait les lampes.

Le courant *cause de cet accident était de 500 volts*, les conditions de diminution de résistance étaient réalisées : il avait plu, le gazon était humide et le contact avec les fils conducteurs très bien assuré.

L'intensité qui a dû traverser le corps des victimes a pu s'élever à 100 milliampères, si la résistance s'était seulement abaissée à 5,000 ohms.

OBSERVATION II

rapportée par le docteur FLEURY, de Versailles, à la Société de médecine légale de France.

M^{me} C... est âgée de 35 ans et a toujours joui d'une parfaite santé ; elle a deux enfants, respectivement âgés de dix-sept et de onze ans, bien portants. Elle habite une villa avec confort moderne, lumière électrique, salle de bains ; l'installation de celle-ci comprend une baignoire fixe, émaillée, dont le bouchon de vidange métallique est placé au milieu même du fond ; à ce bouchon est fixée une chaînette à laquelle est attaché un flotteur. A portée de la baignoire, le long du mur, à gauche de la personne qui se baigne, existe un appel de sonnerie électrique, composé d'une chaînette à anneaux métalliques, terminée par une poignée en porcelaine.

Le 20 mai, au matin, après avoir pris à 7 heures, trois cuillerées à potage de lait, elle prépare elle-même son bain, dont l'eau n'est additionnée d'aucune substance ; il est à 35 degrés, température mesurée au thermomètre. A 8 h. 30, elle entre dans le bain ; elle reste d'abord seule dix minutes puis appelle sa femme de chambre qui lui apporte, comme elle en avait l'habitude, une injection de deux litres d'eau bouillie à 45 degrés. La bonne affirme n'avoir ajouté aucun sel à l'eau de l'injection que sa maîtresse, en sa présence, aromatise seulement de quelques gouttes d'eau de Cologne.

M^{me} C..., à ce moment, est très gaie et plaisante avec la femme de chambre qui, l'opération terminée, se retire et redescend au rez-de-chaussée.

A peine arrivée en bas, elle entend M^{me} C... pousser un cri. Le valet de chambre, qui est occupé sur le palier du premier étage, entendant des appels désespérés, entre aussitôt dans la salle de bains et voit la baigneuse, la tête hors de l'eau, rejetée en arrière, le visage violacé (noir, dit-il), les deux mains crispées au cordon de la sonnette, laquelle retentit

sans désespérer. Affolé, il n'ose intervenir ; mais la bonne, qui avait entendu le cri initial, remonte en toute hâte. Tentant d'arracher du cordon de sonnette les mains de sa maîtresse, elle ressent elle-même de fortes secousses. Pendant ce temps, Mme C..., le visage violacé, râle. La bonne n'a plus que le temps d'appuyer la tête de la mourante sur son bras. Mme C... a un dernier râle, ouvre encore les paupières et meurt.

Tout secours, que peut porter un entourage affolé, reste vain. Le temps qui s'écoule entre le moment où la bonne entend le cri et son retour auprès de sa maîtresse, est approximativement de 20 à 25 secondes.

L'autopsie pratiquée vingt-neuf heures après ne montre que les lésions d'asphyxie et des brûlures superficielles de la fesse gauche qui appuyait sur le bouchon de vidange de la baignoire.

M. R. ., électricien, qui avait été commis pour examiner l'installation électrique, procéda, dans la salle de bains, à diverses expériences. C'est ainsi qu'il put *allumer une lampe de 110 volts*, en mettant le fil de la lampe en contact d'une part avec le cordon de sonnerie électrique, d'autre part avec le bouchon de vidange.

Il répéta l'expérience avec une lampe de 200 volts, mais le filament de cette lampe rougit à peine, sans plus. Le *courant qui passait* du cordon de sonnerie au bouchon de vidange *était donc bien de 110 volts*. Voici, du reste, la partie de son rapport à retenir : « Par suite de l'abandon de deux fils sous plomb, existant dans le jardin du temps de l'ancien propriétaire, mais restés branchés sur la canalisation intérieure, il se produisait un retour de courant par la terre, sur toutes les parties métalliques de la maison (tuyaux d'eau, de gaz et fils de sonnerie) et ce fait produisait, lorsqu'on les touchait, une commotion désagréable, mais en aucun cas susceptible de provoquer un accident comme celui ci-dessus : *110 volts n'était pas une tension dangereuse (!)*.

Malgré l'opinion de l'électricien, le courant de 110 volts était la cause de la mort: M^{me} C... était en parfait état de santé, elle a été traversée par un courant de 110 volts, alors que sa résistance était abaissée à l'extrême, son corps étant dans l'eau; l'intensité du courant a donc pu être d'au moins 100 milliampères, et nous savons que 70 à 80 milliampères sont mortels pour le chien.

OBSERVATION III

rapportée par BROUARDEL, dans son livre : *Les blessures et les accidents du travail*.

Vers 6 heures du soir, un homme était entré dans le bouilleur d'une chaudière pour en effectuer le nettoyage, il était muni d'une lampe électrique dite balladeuse; au bout de quelques minutes, le chef d'atelier l'appela et ne recevant pas de réponse, il pénétra à son tour dans le bouilleur et trouva l'ouvrier mort, sans raideur musculaire, à côté de la lampe qui continuait à brûler.

L'autopsie fut faite par le docteur Socquet, sept jours après l'accident; la putréfaction était très avancée, et il ne trouva aucune lésion expliquant la mort.

La veuve prétendit que la mort de son mari était due à l'électricité alimentant la lampe, et l'on me commit comme expert. Je demandai que l'on m'adjoignit M. d'Arsonval et nous avons montré que le courant qui alimentait la lampe incriminée ne pouvait être mis en cause, car le fonctionnement de la lampe était resté normal et elle marchait avec un courant de 110 volts, insuffisant pour produire un désordre quelconque, même s'il avait traversé le corps de l'ouvrier. Nous devons donc simplement déclarer que si le courant électrique avait atteint l'ouvrier, il n'aurait pu provoquer qu'une secousse sans importance pour la santé de celui-ci; qu'en tout cas, son intensité était insuffisante pour déterminer la mort (1).

Là encore, l'électricité a été cause de la mort, et si la certitude échappe (ce qui est presque la règle en cette matière), il y a en tout cas de fortes présomptions en faveur de cette hypothèse, que nulle autre preuve ne vient infirmer. L'ouvrier n'était pas malade avant l'accident ; il travaillait nu dans une chaudière, appuyé contre les parois et tenant une lampe balladeuse, il meurt subitement ; l'absence de lésions à l'autopsie, le faible voltage du courant ne peuvent suffire à exclure la possibilité d'une électrocution. La résistance de l'ouvrier en sueur et nu était abaissée à l'extrême et l'intensité du courant qui a pu le traverser a dû s'élever à 100 milliampères environ.

OBSERVATION IV

rapportée par le docteur A. LUTAUD, à la Société de médecine légale (1913).

Il y a dix-huit mois, une jeune femme appartenant à une famille amie succombait dans son bain ; la mort ne put être expliquée que par une syncope, arrêt du cœur ou embolie ; il n'y eut pas d'autopsie.

J'ai vu, dans le courant de l'été, le père de cette jeune femme qui me dit avoir la certitude que sa fille avait été électrocutée dans son bain ; les détails qu'il m'a donnés sur ce tragique accident présentent la plus grande analogie avec ceux publiés par le docteur Fleury : un cri poussé et la victime est trouvée morte, la main convulsivement accrochée à une sonnette métallique.

Voici ce que m'écrit, à ce sujet, M. X..., père de la victime : « J'ai acquis, preuves en mains, la certitude que ma fille a été électrocutée et que beaucoup d'accidents de ce genre, où la mort est attribuée à des causes morbides naturelles, sont survenus dans des circonstances analogues. J'estime que c'est faire œuvre utile que de signaler ce danger aux entre-

preneurs sanitaires et aux médecins ; je suis aujourd'hui documenté, mais trop tard, hélas ! »

Les faits observés par M. X... peuvent se résumer ainsi :

Pendant le séjour à la campagne que faisait la famille pendant l'été de 1912, son petit-fils, âgé de quatre ans et demi, se tenant debout dans la baignoire, poussa soudain un cri, il tenait la chaîne de la sonnette ; on retire l'enfant qui s'est plaint, pendant plusieurs jours, d'une douleur au bras droit ; ce trouble fut attribué à une névralgie rhumatismale et il céda assez rapidement à des frictions.

Dans cette même baignoire, la mère de l'enfant, belle-fille de M. X..., avait pris un bain sans être incommodée ; elle n'avait pas touché le cordon de la sonnette et avait appelé la femme de chambre qui se trouvait dans le couloir.

C'est dans cette même baignoire que succomba la victime, dans les conditions relatées plus haut, et qu'elle fut trouvée électrocutée, la main cramponnée à la chaîne.

La famille n'eut pas un seul instant l'idée d'attribuer ces accidents au courant alternatif distribué dans la maison, et elle quitta cette résidence estivale à la suite de l'événement qui l'avait si subitement endeuillée.

Ce n'est qu'un an plus tard que l'attention de M. X... fut appelée sur la possibilité d'une électrocution, en lisant dans le journal la relation d'un accident mortel qui ne pouvait être attribué à d'autres causes qu'à un courant alternatif à basse tension. Il fit une expérience à sec sur lui-même et put se convaincre de l'existence, entre la chaîne de la sonnette et le bouchon de vidange métallique, d'un courant provoquant une forte commotion.

« Sans cette circonstance, me dit M. X..., et si nous n'avions pas quitté notre campagne, le premier d'entre nous qui prenait un bain allait à la mort. »

Le docteur Lutaud a observé lui-même plusieurs cas d'électrocution, dont deux mortels, chez des ouvriers ; le premier avait subi *un courant de 180 volts*, le second *un courant de 240 volts*.

Plusieurs cas d'électrocution ont été publiés pendant ces années dernières :

Une observation d'électrocution d'une jeune fille dans une baignoire par *courant de 110 volts*, a été publiée par Jellineck, une autre par Weiss.

Un conducteur, dans lequel passait *un courant de 120 volts*, s'enroule autour du seau métallique porté par une femme qui est électrocutée.

A Genève, une cuisinière ayant les mains mouillées, tire de l'eau au robinet métallique ; de l'autre main elle déplace une lampe électrique : électrocution.

Un maçon, chaussé de pantoufles humides et marchant sur un toit de tôle ondulée, touche du front un câble dans lequel passe *un courant de 110 volts*. Electrocution.

Un ouvrier du Métropolitain a été électrocuté en déplaçant une lampe alimentée par *un courant de 170 volts*.

Accidents analogues à Lys (Nord) et à Nanterre (Seine), par des courants de *120 et 110 volts*.

Dans les observations que nous rapportons plus haut, les victimes étaient en parfait état de santé au moment où l'accident les surprit, et les autopsies ne firent reconnaître aucune lésion due à des maladies antérieures. Nous allons voir maintenant plusieurs cas où la mort survint après un accident électrique, chez des sujets porteurs de maladies antérieures qui eurent certainement pour effet de rendre leur organisme plus sensible à l'action du courant électrique.

OBSERVATION V

due à M. le professeur BALTHAZARD.

Un seul témoin, M. P..., employé à la Compagnie des tramways, a donné des renseignements à M. le juge de paix. Il a déclaré :

« Le 29 août 1910, je me trouvais sur la voiture 1192 con-

duite par le conducteur B... ; à deux reprises, le feu se déclara dans l'intérieur de la machine ; la deuxième fois sur le pont Notre-Dame. B..., voulant se rendre compte de la cause du feu, toucha à l'appareil. Tout à coup une explosion se produisit et il fut grièvement brûlé à la main gauche. En arrivant au Châtelet, il se fit soigner dans une pharmacie. Le chef du dépôt, jugeant son état grave, le fit remplacer ; B... prit alors place près du nouveau conducteur ; avant d'arriver à la station de Tolbiac il perdit connaissance, on le conduisit dans une pharmacie dans un état grave. J'ai appris une heure après que B... était décédé... »

Des renseignements complémentaires permettent d'évaluer à une demi-heure le temps qui s'est écoulé entre le moment de l'accident et celui de la mort.

L'autopsie fut pratiquée par le docteur Socquet qui note l'existence d'une brûlure du second degré sur la face dorsale de la première phalange des trois derniers doigts de la main gauche. Aucune lésion viscérale, sauf : « Le cœur est très gros et présente, sur la face antérieure du ventricule droit, une petite plaque laiteuse, vestige d'une péricardite ancienne. Les cavités du cœur sont vides, l'aorte présente au niveau de ses valvules deux végétations arrondies mesurant chacune près d'un centimètre de diamètre, et distantes l'une de l'autre de deux à trois millimètres environ. »

Le médecin de B... déclare avoir soigné à plusieurs reprises la victime pour des bronchites hivernales et des troubles digestifs ; le cœur lui avait paru légèrement hypertrophié.

De l'enquête menée par les experts : professeur Balthazard et M. Roux, expert électricien, il résulte *d'abord que le courant électrique du tramway est un courant continu de 500 à 600 volts*, et que c'est en dégageant avec la main un câble souple de la char-rue coincé dans une glissière, et dont l'isolant était détérioré, que B... fut brûlé par la flamme qui suivit la rupture du court circuit.

Nous rapporterons une partie du rapport du professeur Balthazard :

« Il résulte que l'intensité du courant qui a traversé le corps de B..., s'il y a eu électrocution, est comprise entre 60 et 500 milliampères, suivant que les mains de ce wattmann étaient sèches ou humides ; il y a probabilité pour que les mains aient été moites, car l'on était au mois d'août. *L'intensité qui peut déterminer la mort par électrocution est de 280 milliampères.*

Il n'y aurait donc aucune impossibilité à admettre une électrocution, mais dans ce cas la mort serait survenue immédiatement et non au bout d'une demi-heure. En réalité, deux hypothèses sont seules plausibles :

1^o B... a été réellement traversé par un courant.

Il suffit d'admettre que B... a touché avec sa main gauche le câble souple dont le mauvais isolement a été constaté, tandis que la main droite touchait une pièce métallique du châssis ou du tramway ; la moiteur de la main droite fortement appliquée sur la pièce métallique expliquerait la perfection du contact et, par suite, l'absence de brûlure à la main droite.

De plus, il ne faut pas s'étonner de la possibilité d'une électrocution, alors même que le câble est touché avec une seule main, car on sait que l'isolement des câbles des caniveaux n'est jamais parfait, et qu'il suffit d'un contact avec le sol en un point quelconque de la ligne, pour que le courant traverse le corps et emprunte pour le retour la terre elle-même.

Ce premier point établi, on doit admettre que *l'intensité du courant qui aurait traversé B... a été inférieure à l'intensité mortelle, soit 280 milliampères. En pareil cas, le passage du courant n'est pas inoffensif ; il détermine une augmentation brusque de la pression sanguine dans les artères, qui peut atteindre 7 et 8 centimètres de mercure. Au bout de quelques instants, la pression s'abaisse et revient à la normale ; elle peut même s'abaisser transitoirement au-dessous de la normale. Ces*

brusques variations de pression dans les vaisseaux, si elles sont bien supportées par des individus normaux, provoquent chez les cardiaques des perturbations de la mécanique cardiaque très suffisantes pour expliquer la mort qui, en pareil cas, pourrait se produire seulement au bout d'un temps plus ou moins long.

L'hypothèse rend donc compte de la mort de B... porteur de lésions aortiques et atteint d'hypertrophie cardiaque, une demi-heure après le moment où se serait produite l'électrocution.

2^o B... a été simplement brûlé par l'arc électrique jaillissant entre les conducteurs. En admettant que le courant n'ait nullement traversé le corps de B..., ce qui aurait pu arriver si ce wattmann avait été parfaitement isolé du sol au moment où il touchait le câble souple de la main gauche, on ne pourrait nier cependant l'existence d'une brûlure grave produite en ce cas par l'arc électrique jaillissant entre les conducteurs au moment de la rupture du contact. Cette brûlure a été constatée par les trois médecins qui ont examiné le cadavre ; elle était au second degré et couvrait au moins les trois derniers doigts de la main gauche. La brûlure a nécessité un pansement immédiat et l'état de B... a paru assez grave au chef de dépôt pour qu'il ait jugé indispensable de faire remplacer aussitôt ce wattmann.

Dans cette hypothèse encore, on doit admettre que l'émotion ait suffi, ainsi que la douleur, pour provoquer ces variations de pression artérielle si dangereuses pour les individus porteurs de lésions cardiaques et aortiques.

En matière d'accident du travail, on ne se préoccupe pas des prédispositions morbides des ouvriers, il suffit de démontrer que sans l'accident la mort ne fût pas survenue.

Or, l'accident est réel et n'est pas contesté ; il n'a pas seulement provoqué une vive émotion, il a causé des brûlures graves. Cette constatation suffit pour expliquer la mort survenue une demi-heure plus tard, étant donnée l'existence d'une lésion aortique chez B... Cette dernière et l'hypertrophie cardiaque étaient compatibles avec une vie active et un travail régulier. Il est impossible d'admettre que par une coïncidence extraordinaire, les lésions si longtemps suppor-

tées aient causé la mort juste une demi-heure après l'accident dont a été victime B... Sans cet accident, B... n'aurait pas succombé ce jour-là.

OBSERVATION VI

rapportée par CAPPELLO et PELLEGRINI.

Un fil conducteur d'un *courant triphasé de 205 volts* se trouva accidentellement en contact avec une armature en fer isolée de terre. Au cours de son travail, l'ouvrier D. F... empoigna à pleines mains la barre de l'armature et ferma ainsi le circuit entre la ligne et la terre. Il resta cramponné à la barre quelques instants très courts et fut secouru par ses compagnons. Il mourut peu après.

L'autopsie montra de légères brûlures électriques, et des lésions rénales chroniques : atrophie de la zone corticale, sclérose artérielle.

OBSERVATION VII

des mêmes auteurs.

Le cuisinier d'un navire grec, H..., âgé de vingt-huit ans, retournait à son bord à 10 heures du soir; pour éviter des flaques d'eau amassées sur le quai, il dut faire un léger détour et buta dans les fils conducteurs d'un courant actionnant une grue électrique. Les fils étaient mal isolés. H... ne put se libérer seul du contact, ses amis accoururent à ses cris. Il mourut peu après.

Le courant en cause *était un courant alternatif de 46 volts*. A l'autopsie : brûlures électriques, lésions de néphrite chronique.

OBSERVATION VIII

des mêmes auteurs.

Z..., vingt-huit ans, manœuvre dans une fabrique, se trouva fatigué au cours de son travail et sortit sur une terrasse

voisine pour respirer au grand air. Le temps était humide ; Z..., nu jusqu'à la ceinture, et couvert de sueur. Sur la terrasse, deux lignes électriques étaient placées à hauteur d'homme et conduisaient *un courant continu de 110 volts*. En se promenant sur la terrasse, Z... buta dans un des fils et on l'entendit crier. Un témoin le vit agité par des secousses « comme si les nerfs dansaient », dit-il. Z... mourut peu après.

L'autopsie ne montra que des lésions de néphrite chronique ; des brûlures électriques étaient visibles au cou et sur le menton.

Tous ces faits nous montrent l'évidence des dangers que dans certaines circonstances les courants à basse tension peuvent faire courir à un individu sain et à plus forte raison à un individu porteur de tares anciennes, cardiaques ou rénales. Sans aller jusqu'à amener la mort, ces courants peuvent produire d'autres lésions : brûlures plus ou moins graves, se produisant surtout lorsque le contact est mal assuré ; troubles névritiques persistants : atrophie musculaire, altérations cutanées, etc., expliqués par des lésions du névrilemme et des cylindraxes, et dont M^{me} Wilbouchevilch a rapporté une observation.

On voit aussi l'intérêt qu'il y a à bien connaître la possibilité de tels dangers, pour déterminer le rôle joué par l'électricité dans les accidents du travail. Le diagnostic est souvent fort difficile, les brûlures manquant fréquemment avec les courants de faible tension, et les autopsies ne montrant aucune lésion viscérale, les lésions d'asphyxie étant les seules relevées dans les autopsies des cas précédents. Il

importe surtout de ne pas écarter l'hypothèse d'une mort due à l'électricité, lorsque le courant incriminé sera de faible voltage ; une enquête attentive sur les circonstances de la mort suffira souvent à elle seule à attribuer à l'électricité, une mort qu'aucune lésion trouvée à l'autopsie n'expliquera.

L'importance de cette enquête apparaîtra plus évidente encore à la lecture de l'observation suivante due à M. le professeur Balthazard, et qui permit de rejeter l'hypothèse d'une mort due à l'électricité.

OBSERVATION IX.

Le 10 mai 1912, L..., âgé de 50 ans, conduisait un pont roulant à l'usine M... Il fut trouvé sans connaissance dans la cabine d'où il dirigeait la manœuvre du pont. Transporté à son domicile, il succombait le 14 mai.

Les lésions constatées à l'autopsie consistent : en altérations anciennes, adhérences de la substance corticale du cerveau aux méninges ; en lésions contemporaines de la maladie, morsures de la langue, congestion et œdème pulmonaire ; en lésions organiques, piqueté hémorragique sur le thorax.

D'après les renseignements, L... n'avait jamais été malade d'une façon sérieuse, il n'avait jamais eu de crises nerveuses, jamais de perte de connaissance. L... est représenté comme un homme sérieux et sobre. Le 10 mai, il se sentit mal à son aise et demanda à l'usine à être remplacé ; comme l'on n'avait aucun homme sous la main, il fut prié d'assurer son service qui consistait à manœuvrer un pont roulant électrique.

Il était dans une cabine et ses camarades ne peuvent pas, par suite, fournir d'indication précise sur ce qui s'est passé.

Quoi qu'il en soit, vers midi moins vingt, il tomba dans la cabine. A ce moment se produisit un court circuit et les bennes chargées de fer descendirent précipitamment.

Transporté au bureau de l'usine, le sieur L... y fut presque

aussitôt rejoint par son frère à qui il aurait dit : « C'est un court circuit ». Mais il ne put s'expliquer exactement sur ce qui s'était passé.

Une heure après, il ne reconnaissait plus personne, et se plaignait seulement de douleurs à la poitrine. Il eut des syncopes et cracha du sang toute la journée. Il était animé d'un violent tremblement, délira dans la journée du 14, cherchant à se lever pour aller au travail, et succomba le 14 à l'hôpital où il avait été transporté.

Deux hypothèses sont possibles : ou bien L... a été atteint d'une maladie spontanée qui a déterminé sa chute ; ce serait au cours de cette chute qu'il aurait touché aux manettes électriques et provoqué le court circuit. Telle est la version donnée par le chef de service de l'usine.

En faveur de cette hypothèse, on peut invoquer le malaise dont s'était déjà plaint le matin le sieur L..., l'absence de brûlures électriques nettes, la morsure de la langue qui évoque l'idée d'une crise convulsive, l'existence d'adhérences méningées anciennes.

Ou bien L... a été réellement électrocuté, ce qui aurait provoqué la morsure de la langue, la chute. Bien que la mort tardive soit rare à la suite des électrocutions, nous ne pourrions rejeter complètement cette hypothèse si le courant utilisé a un voltage suffisant pour provoquer des troubles nerveux graves. D'autant qu'il existe des lésions à l'ongle du pouce droit et à la face interne du gros orteil gauche, qui pourraient être attribuées à des brûlures électriques. Pour vérifier ce dernier point, nous avons demandé à voir les chaussures de L..., mais il nous a été répondu que ces chaussures avaient été jetées.

Les lésions trouvées à l'autopsie ne permettent pas de trancher entre ces deux hypothèses et s'accordent aussi bien avec l'une qu'avec l'autre.

Une nouvelle enquête fut ordonnée et la deuxième expertise du professeur Balthazard fut suivie de ce rapport :

...Le docteur B... attribue la mort à une crise de *delirium tremens*. Les symptômes constatés rappellent, en effet, ceux du *delirium tremens*, et les constatations faites à l'autopsie, congestion et œdème pulmonaire, piqueté hémorragique sur le thorax, lésions corticales anciennes, ne s'opposent pas à ce diagnostic.

Reste à savoir le rôle que peut avoir eu l'accident du 10 mai sur l'apparition de cette affection.

On nous a représenté le sieur L... comme un homme sérieux et sobre. M. Y..., qui a fait une enquête à ce sujet, a indiqué que, sans être ivre ce jour-là, L... buvait, témoignage d'un camarade d'atelier de la victime.

Dans ce même rapport, M. Y..., qui est ingénieur, décrit minutieusement la disposition de la cabine et indique les constatations faites au moment de l'accident.

Le pont roulant est destiné à élever des paquets de ferraille pour les charger sur des chariots qui les conduisent aux fours Martin.

La cabine fait corps avec le pont roulant. Un courant continu de 220 volts actionne une dynamo grâce à laquelle les charges sont déplacées en hauteur, puis horizontalement.

Quand on vint dans la cabine où était tombé L..., on constata que la manivelle du controller qui sert à la manœuvre en hauteur était ramenée à zéro, ce qui explique la brusquerie avec laquelle la charge était tombée à quelque distance de terre.

Sous l'influence de la brusquerie de cette chute la dynamo a tourné avec une rapidité considérable, à tel point que les fils de l'induit ont été brûlés et qu'on a dû faire réparer la machine.

A ce moment, il s'est produit un courant de grande intensité qui a fait fondre l'un des plombs coupe-circuit dans la cabine.

M. Y... apporte la preuve qu'il n'y a pas eu de court-circuit, mais seulement une rupture de circuit sous l'influence d'une fausse manœuvre.

Nous ne saurions admettre les arguments présentés par l'ingénieur, à savoir : l'impossibilité pour L... de recevoir

une décharge électrique dans la cabine, puisqu'il s'y serait trouvé comme l'oiseau sur le câble de distribution électrique; en réalité, le courant pouvait passer par le corps de L... qui aurait touché un point dénudé du circuit électrique et aurait conduit le courant à la cabine et au sol. Mais il n'a été trouvé aucun défaut d'installation, aucun contact dénudé. De plus, la manœuvre a été reprise après réparation de la dynamo et il n'a jamais été observé d'accident.

Un autre argument consiste à dire que les courants continus de 220 volts sont inoffensifs pour l'homme. *En réalité, quand les conditions sont convenables, c'est-à-dire quand la résistance du corps s'abaisse, les mains étant mouillées ou fortement graissées, les courants de 220 volts font passer dans le corps une intensité de 200 à 250 milliampères, suffisante en courant continu pour causer la mort par électrocution.* On connaît un exemple d'électrocution par un courant continu de 90 volts. En pareil cas, les brûlures électriques sont généralement défaut.

Mais il ne semble pas que L... se soit trouvé dans des conditions spéciales au point de vue de la résistance du corps, qui devait être chez lui, comme à l'ordinaire, assez élevée.

On peut donc expliquer l'accident de la façon suivante : au moment où il a été indisposé, L... a fait une fausse manœuvre qui a consisté à ramener au zéro la manette du controller. La charge est alors brusquement descendue et la rotation rapide de la machine a déterminé la fusion du plomb, sans qu'il y ait eu aucun court circuit.

... En tout cas, il est impossible d'apporter une preuve quelconque à l'appui de l'électrocution, soit par l'étude technique du dispositif électrique, soit par l'examen des symptômes et lésions présentés par L... .

Dans cette affaire, comme dans beaucoup d'autres, nous voyons encore des experts électriciens ou médecins, ne pas admettre la possibilité d'accidents mortels dus à des courants de faible tension.

Nous rappellerons enfin que les exécutions judi-

ciaires en Amérique se font par le procédé de l'électrocution. On avait d'abord utilisé des courants de haute tension : 4,000 volts environ ; à plusieurs reprises l'exécution n'a pu être consommée, l'intensité du courant traversant l'organisme atteignait plusieurs ampères, et la respiration, seule arrêtée pendant le passage du courant, reprenait à la rupture. Les Américains ont dû revenir aux courants de 400 volts.

CONCLUSIONS

Les courants électriques industriels et domestiques de faible tension sont dangereux, car, ce qui constitue le danger d'un courant, ce n'est pas son voltage, mais l'intensité du courant qui traverse l'organisme.

Or, à partir de 70 à 80 milliampères, un courant alternatif est dangereux pour l'homme sain, un courant continu le devient avec une intensité de 200 à 250 milliampères. De telles intensités peuvent être fournies par les courants de faible tension, toutes les fois que la résistance du corps humain s'abaissera sous l'influence d'une des causes que nous étudions plus haut.

BIBLIOGRAPHIE

Professeur BALTHAZARD, *Traité de médecine légale.*

BROUARDEL, *Les blessures et les accidents du travail.*

Docteur FLEURY, *Bulletin de la Société de médecine légale de France*, 2^e série, t. X, année 1913.

Docteur A. LÜTAUD, *Bulletin de la Société de médecine légale de France*, 2^e série, t. X, année 1913.

CAPPELLO E PELLEGRINI, *Archivio di psichiatria, d'antropologia e medicina legale*, Turin.

Annales d'hygiène et de médecine légale, t. XIII.

Journal de physiologie et de pathologie générales, juillet 1913.

Bulletin de la Société internationale des électriciens, 3^e série, t. I, n^o 8.

BECQ, *Applications industrielles de l'électricité.*

Bulletin de l'inspection du travail, 1905, M. Zaçon.

